



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 198 52 159 C 1

51 Int. Cl. 7:  
B 29 C 70/32  
B 29 C 53/56  
B 65 H 54/02  
B 29 C 70/00

21 Aktenzeichen: 198 52 159.6-16  
22 Anmeldetag: 12. 11. 1998  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 2. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Thüringisches Institut für Textil- und  
Kunststoff-Forschung e.V., 07407 Rudolstadt, DE

72 Erfinder:

Frommann, Lars, 07407 Rudolstadt, DE; Mieck,  
Klaus-Peter, Dr., 07407 Rudolstadt, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 44 25 593 A1  
DE 40 03 735 A1  
DE 31 45 122 A1

Funck: Entwicklung innovativer  
Fertigungstechniken

zur Verarbeitung kontinuierlich faserverstärkter  
Thermoplaste im Wickelverfahren, in: VDI-Fort-  
schrittsberichte, Reihe 2: Fertigungstechnik, Nr.  
393;

Michaeli, Rau und Jürss: Fertigung von Bauteilen  
im Pultrusions- und Wickelverfahren, in: Kunst-

stoffberater 6/1995, S.29-33;

Funck, Neitzel u. Hausmann: Fertigung thermoplas-  
tischer Druckbehälter im Faserwickelverfahren,  
Vortrag 27. AVK-Tagung Baden-Baden, 10/1996;  
Funck, Neitzel u. Hausmann:

Thermoplast-Wickelver-  
fahren für Fahrradrahmen, in: Kunststoffe 3/1995,  
S.372-374;

Diplomarbeit von Rosbach, ETH Zürich 1995

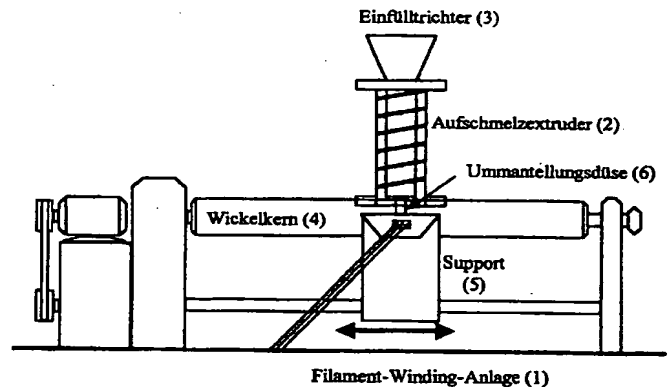
Thermo-  
plastwickelverfahren auf der Basis eines Infrarot-  
Erhitzersystems sowie die Kontakterwärmung;  
Born et al.: Mit Thermoplasten imprägnierte Fasern  
wickeln, in: Plastverarbeiter 5/1990, S.18-25;

Neitzel et al: Filament winding with thermoplastic  
matrices - current development & equipment,  
Japan

International SAMPE Technical Seminar 94, Kyoto  
14/15.07.1994;

54 Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten, thermoplastischen Hohlkörpern

57 Verfahren zur Herstellung rotations- aber nicht notwen-  
diger Weise rotationssymmetrischer faserverstärkter  
Hohlkörper im Urformverfahren mit thermoplastischer  
Matrix, wobei die Faserimprägnierung über einen an eine  
Filament-Winding-Anlage (1) applizierten Aufschmelzex-  
truder (2) mit nachgeschalteter Ummantelungsdüse (6)  
erfolgt. Das Verfahren betrifft die Zusammenführung von  
thermoplastischer Matrix und einem Verstärkungshalb-  
zeug in einer Ummantelungsdüse (6) mit vorzugsweiser  
Verjüngung in Abzugsrichtung soie die anschließende  
Ablage des imprägnierten und vorkonsolidierten Wickel-  
halbzeuges auf dem Wickelkern.



einlaufende Fadenschar

DE 198 52 159 C 1

DE 198 52 159 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Faserimprägnierung und Herstellung faserverstärkter Hohlkörper mit thermoplastischer Matrix, wobei die Faserimprägnierung über einen an eine Filament-Winding-Anlage applizierten Extruder mit nachgeschalteter Ummantelungsdüse erfolgt.

Es ist bekannt, daß derzeit das Wickeln von faserverstärkten Verbunden mit duroplastischen Matrixmaterialien im Vordergrund der industriellen Fertigung von Wickelkörpern steht. Durch die von Funck (Entwicklung innovativer Fertigungsverfahren zur Verarbeitung kontinuierlich faserverstärkter Thermoplaste im Wickelverfahren, VDI-Vortschrittsberichte, Reihe 2: Fertigungstechnik, Nr.: 393) sowie Michaeli, Rau und Jürss (Fertigung von Bauteilen im Pultrusions- und Wickelverfahren, Kunststoffberater 6/1995, S. 29-33) beschriebenen Vorteile der möglichen Kostensenkung von ca. 20%, der guten mechanischen Eigenschaften und chemischen Beständigkeit, der Wiederverwertbarkeit sowie dem Wegfall der zeitintensiven Aushärtung ergeben sich zunehmend Anwendungen für gewickelte Bauteile mit thermoplastischer Matrix in der Elektrotechnik, dem Bauwesen, der Automobilindustrie sowie im Anlagen- und Maschinenbau. Anwendungsbeispiele sind hierbei Rohre, Wellen, Tanks oder auch Druckbehälter, so daß die Umsetzung des Wickelprozesses mit thermoplastischen Matrixkomponenten seit einiger Zeit verfolgt wird.

Eine industrielle und wirtschaftliche Umsetzung ist derzeit noch nicht zufriedenstellend gelöst, so daß einerseits Bestrebungen zur Verbesserung der Imprägniereigenschaften des Fasermaterials mit der Matrixkomponente durchgeführt und andererseits die Qualitäten der Konsolidierung des Verbundes durch den Einsatz geeigneter Erhitzersysteme erhöht werden.

Zu den bekannten Werkstoffmodifizierungen gehören imprägnierte bzw. pulverimprägnierte Faservovings (z. B. FIT-Material Glasfaser/Polypolypropylen) sowie umspinnene oder verzwirnte Hybridgarne (z. B. Twintex-Roving von Vetrotex).

Gleichzeitig wird in der Literatur ausführlich über das Wickeln mit offener Flamme von Funck, Neitzel und Hausmann (Fertigung thermoplastischer Druckbehälter im Faserwickelverfahren, Vortrag 27. AVK-Tagung Baden-Baden, 10/1996; Thermoplast-Wickelverfahren für Fahrradrahmen, Kunststoffe 3/1995, S. 372-374) berichtet, wobei z. B. Cellulose- oder auch Naturfasern mittels dieser technologischen Variante nicht verarbeitet werden können. Rosbach erläutert die Konzeption und Realisierung eines Thermoplastwickelverfahrens auf der Basis eines Infrarot-Erhitzersystems (Diplomarbeit, ETH Zürich, 1995) sowie die Kontakterwärmung. Letztere führt zum Anhaften der Schmelze und zu einem Verkleben der Führungs- bzw. Konsolidierungselemente. Über das Aufschmelzen der Matrix durch Kontakt-, Infrarot- oder Heißluft erhitzer berichten Born et al (Mit Thermoplasten imprägnierte Fasern wickeln, Plastverarbeiter 5/1990, S. 18-25) sowie Neitzel et al (Filament winding with thermoplastic matrices - current development & equipment, Japan International SAMPE Technical Seminar '94, Kyoto 14./15. 07. 1994).

Diese Energieübertragungen sind infolge der Regelung, insbesondere bei schnellen Änderungen der faserwickelgeschwindigkeit z. B. in den Wendezonen, begrenzt.

Nachfolgende Patente beschreiben lediglich Vorrichtungen zur Ummantelung eines verdrehten Kabels (DE 40 03 735 A1), Verfahren und Vorrichtungen zum Vernetzen von Polymeren in Form von langgestrecktem Wickelgut (DE 44 25 593 A1) sowie Vorrichtungen zum Herstellen eines Rohres durch schraubenwendelförmiges Auf-

wickeln (DE 31 45 122 A1).

Ziel der Erfindung ist es, ein geeignetes, einfaches und wirtschaftliches Verfahren zur Faserimprägnierung und Wicklung bei der Herstellung faserverstärkten, auch naturfaserverstärkten, Hohlkörpern mit thermoplastischer Matrix bei hoher Produktqualität zu entwickeln.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird durch die Maßnahmen des Patentanspruches 1 gelöst. Im wesentlichen erfolgt dies durch die Kombination der Filament-Winding-Technik mit der Extrusions- und Pultrusionstechnologie, eine verfahrensvariante zur On-line-Imprägnierung kontinuierlicher, aber nicht notwendiger Weise kontinuierlicher, wickelbarer, textiler Verstärkungshalbzeuge mit thermoplastischen Matrices und somit die Herstellung von gewickelten, thermoplastischen Faser-Kunststoff-Verbunden. Dabei hat das Verfahren zur Herstellung gewickelter Hohlkörper mit thermoplastischer Matrix die Aufgabe, im Wickelverfahren verarbeitbare textile Fadenhalbzeuge (Roving, Garn, Filament, Band, Gewebe etc.) von einer Spule abzuziehen, in einer Ummantelungsdüse mit durch eine Aufschmelzextruder zugeführter thermoplastischer Schmelze zu imprägnieren und auf einen sich drehenden Formkern abzulegen.

Die Imprägnierung der Verstärkungshalbzeuge erfolgt in dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung faserverstärkter thermoplastischer Faser-Verbund-Kunststoffe dadurch, daß die Verstärkungshalbzeuge einer nach dem Pultrusionsprinzip arbeitenden Ummantelungsdüse (Bild 1, Position 6) zugeführt werden, gleichzeitig die an einen Aufschmelzextruder (2) adaptierte Ummantelungsdüse (6) von diesem mit der Thermoplastschmelze gespeist wird und die Schmelze sowie Verstärkungsfaser bzw. -halbzeug zusammenführt. Neben der Vermischung von Faser und Matrix und/oder der Ummantelung der Faser durch die Matrix erfolgt eine On-line-Imprägnierung bzw. Vorkonsolidierung über die Pultrusionstechnik, in der sich in Produktionsrichtung vorzugsweise verjüngenden Ummantelungsdüse (6), so daß die nach dem erfindungsgemäßen verfahren hergestellten Faser-Kunststoff-Verbunde, im Vergleich zu bisher eingesetzten Erhitzersystemen, eine hohe Verbundqualität aufweisen. Der Düsenausgang ist dabei so konzipiert, daß eine Ablage des derart thermoplastisch imprägnierten Verstärkungshalbzeuges auf dem rotierenden Formkern erfolgen kann und eine weitere Energieeinbringung durch zusätzliche Erhitzersysteme nicht notwendig ist.

Das Verfahren stellt somit eine geeignete, einfache sowie wirtschaftliche Methode dar, um in einer Verfahrensstufe das eingesetzte Verstärkungshalbzeug mit der thermoplastischen Matrix zu imprägnieren und die definierte Ablage auf einen rotierenden Formkern zu ermöglichen. Das beschriebene Verfahren zeichnet sich besonders durch die Herstellung eines gewickelten thermoplastischen Faser-Kunststoff-Verbundes mit hoher Verbundqualität aufgrund ausgezeichneter Imprägnierung von Verstärkungs- mit dem Matrixsystem aus.

Die Erfindung wird im folgenden anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben und erläutert.

Die in Bild 1 dargestellte Pultrusionswickelanlage zur Online-Imprägnierung wickelbarer Verstärkungshalbzeuge mit thermoplastischer Matrix, bestehend aus einem auf dem Support (5) einer Filament-Winding-Anlage (1) mit Wickelkern (4) befindlichen Aufschmelzextruder (2) mit Einfülltrichter (3) und Ummantelungsdüse (6), zeichnet sich durch die definierte und wirtschaftliche Imprägnierung hoher Qualität von Verstärkungsmaterialien mit der durch den Aufschmelzextruder (2) der Ummantelungsdüse (6, Bild 2) zugeführten Schmelze sowie die durch die vorgegebene Faserwickelgeschwindigkeit und den Vorschub des Supports (5)

vordefinierte Ablage auf dem rotierenden Wickelkern (4) der Filament-Winding-Anlage (1) aus.

Das Verstärkersystem kann bei dem erfindungsgemäßen Pultrusionswickelverfahren in Band-, Garn-, Flyer- oder auch Hybridflyergarn- sowie in Rovingform zum Einsatz gebracht werden. Auch ist der Einsatz textiler Gewebe und Mattenhalbzeuge möglich, wobei als Fasermaterialien z. B. Glas-, Kohlenstoff-, Aramid-, Carbon- und/oder Naturfasern verwendet werden können.

#### Beispiel 1

Zur Entwicklung einer neuen Verfahrenstechnologie durch die Kombination von Wickel- und Extrusionsprozeß zur Herstellung von rotationssymmetrischen Wickelkörpern wurde zum Einbringen der Matrixkomponente in den Verbund in einem ersten Prozeßschritt ein in seiner Struktur offenes Hybridflyergarn aus 50 % Thermoplast- und 50% Naturfaser hergestellt.

Hierzu wurden Flachs- und Polypropylen-Stapelfasern verwendet, wobei die Herstellung des Hybridflyergarns für Strecke und Flyer nach dem Baumwoll-Spinnverfahren mit modifizierter Krempel-Baumwolltechnologie erfolgte.

Zur Applizierung der Fasermischungen wurden die Faserkomponenten im mischbett abgelegt, auf einem öffener gemischt und anschließend einer Krempel zudosiert. Nachfolgend gelangte der so erzeugte Faserflor über einen flexibel zuschaltbaren Kannenstock in einer Spinnkanne zur Ablage, ehe über einen weiteren prozeßschritt eine Verformung zum Band mittels Preßwalzenpaar vorgenommen wurde. Mit Hilfe einer zusätzlich eingesetzten Baumwollstrecke wurde das Band weiterhin mehrfach doubliert und verzogen. Das so erzeugte Streckenband wurde abschließend über einen Einlaufrahmen einem Extra-Grobflyer mit integriertem 3-Walzenstreckwerk zugeführt, gedreht und zu einem Hybridflyergarn verstreckt.

Das derart gefertigte Hybridgarn konnte anschließend von einer Spulenhalterung mit Spule abgezogen und der am Extruder (2) befindlichen Ummantelungsdüse (6) zugeführt werden. In der beheizten Ummantelungsdüse (6) wurde der Polypropylenanteil des Hybridflyergarns aufgeschmolzen. Gleichzeitig wurde über den auf dem Support (5) der Filament-Winding-Anlage (1) applizierten Aufschmelzextruder (2) weiteres Polypropylen (ca. 20%) in Granulatform über einen Einfülltrichter (3) zugegeben, aufgeschmolzen und der Ummantelungsdüse (6) zugeführt. Hier erfolgte einerseits das Vermischen der beiden Polypropylenkomponenten (Faser/Granulat) und andererseits ein Mischen bzw. Umhüllen der Flachsfaser mit Polypropylen-schmelze.

Dieser Prozeß wurde durch die sich in Produktionsrichtung verjüngende Ummantelungsdüse (6) intensiviert, so daß die thermoplastisch imprägnierten Naturfasern über den Düsenausgang auf den Wickelkern (4) abgelegt werden konnten. Durch das Einstellen der Faserwickel- und Supportgeschwindigkeit im Bereich von 2 bis 50 m/min konnten Wickelkörper mit vordefiniertem Muster hergestellt werden. Weiterhin konnte über den Durchsatz des Aufschmelzextruders (2) der Fasergehalt von 10 bis ca. 70 Masse-% der gewickelten Hohlkörper variiert werden.

Anschließend wurden die im Pultrusionswickelverfahren hergestellten rohrförmigen Probekörper einer mechanischen prüfung im Druckversuch unterzogen. Die ermittelten Werte für die Druckspannung wurden mit Proben gleicher Ausgangswerkstoffe, Flachs als Verstärkungsfaser und Polypropylen als Matrix, die beim Raumtemperatur gewickelt und anschließend in einer presse konsolidiert wurden, verglichen. Diese Verfahrensvariante in der Thermoplastwickel-

technik ermöglicht aufgrund der genauen Temperaturführung und der hohen aufbringbaren Kräfte optimale Verbundkonsolidierung. Der abschließend durchgeführte Eigenschaftsvergleich des erfindungsgemäßen Pultrusionswickelverfahrens mit dem Faserwickeln bei Raumtemperatur mit nachfolgender Konsolidierung des Verbundes mittels Preßtechnologie zeigte keinen signifikanten Unterschied der Verbundeigenschaften im Druckversuch.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Rotationskörpern nicht notwendiger Weise rotationssymmetrischen Hohlkörpern im Urformverfahren mit thermoplastischer Matrix in einer Pultrusionswickelanlage **dadurch gekennzeichnet**, daß die Faserimprägnierung über einen an eine Filament-Winding-Anlage (1) applizierten Aufschmelzextruder (2) mit nachgeschalteter Ummantelungsdüse (6) erfolgt, wobei die Verstärkungshalbzeuge der Ummantelungsdüse (6), die mit dem an die Filament-Winding-Anlage (1) applizierten Extruder (2) verbunden ist, zugeführt und mit dem über den Extruder (2) mit Einfülltrichter (3) aufgeschmolzenen Kunststoff umhüllt werden, daß durch eine Verjüngung der Ummantelungsdüse (6) in Produktionsrichtung das Verstärkungshalbzeug und der aufgeschmolzene Kunststoff vorkonsolidiert werden und daß dann das derart thermoplastisch imprägnierte Verstärkungshalbzeug definiert auf dem rotierenden Formkern (4) abgelegt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, daß verschiedenartige Verstärkungssysteme in Band-, Tape-, Garn-, Flyer- und/oder Hybridflyergarn- sowie in Rovingform oder in andersartiger textiler Aufmachungs- bzw. Halbzeugform, wie Gewebe oder Mattenhalbzeug, verwendet werden.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet**, daß kontinuierliche und/oder diskontinuierliche fasermaterialien, wie z. B. Glas-, Kohlenstoff-, Aramid- oder Carbonfasern sowie z. B. Flachs-, Hanf-, Nessel-, Jute- und Sisalfasern, einzeln oder in Mischung verwendet werden.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet**, daß über den Aufschmelzextruder (2) mit Einfülltrichter (3) oder eine andere Aufschmelzeinheit thermoplastische Kunststoffe vorzugsweise in Granulatform zugeführt und aufgeschmolzen werden.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Zusammenführung von Schmelze und Verstärkungshalbzeug die Ummantelungsdüse (6) an den Aufschmelzextruder (2) oder eine andere Aufschmelzeinheit adaptiert ist.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet**, daß der Aufschmelzextruder (2) oder die andere Aufschmelzeinheit mit adaptierter Ummantelungsdüse (6) auf dem Support (5) der Filament-Winding-Anlage (1) appliziert ist und über eine definierte Rotation des Wickelkerns (4) sowie das Verfahren des Supports (5) ein vordefiniertes Wickelmuster erzeugt wird.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6 **dadurch gekennzeichnet**, daß das imprägnierte, vorkonsolidierte Halbzeug im schmelzeförmigen Zustand auf einem rotierenden positiven oder negativen Wickelkern (4) abgelegt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

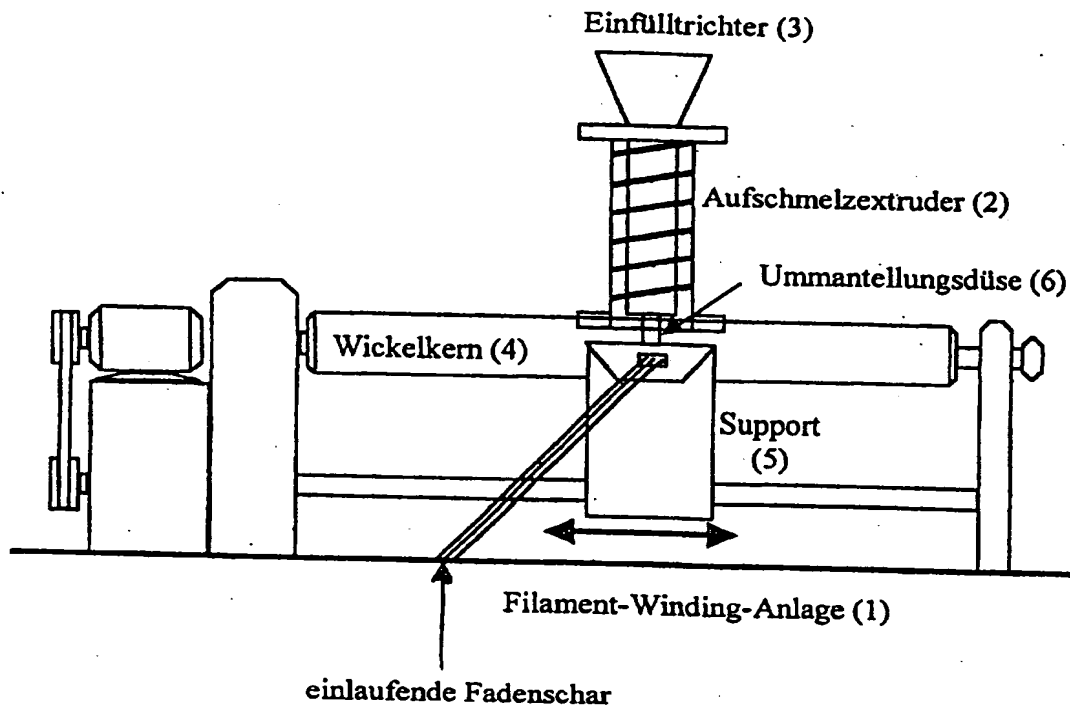


Bild 1: Pultrusionswickelanlage

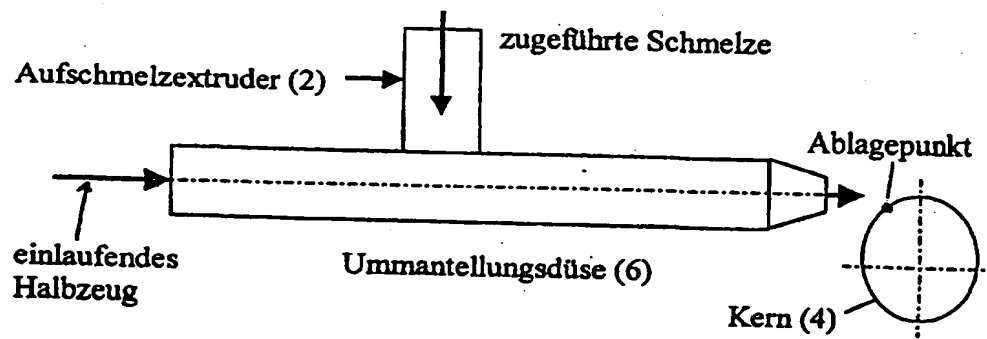


Bild 2: Ummantelungsdüse